



Centre  
de coopération  
internationale  
en recherche  
agronomique  
pour le  
développement

Département  
des cultures  
pérennes  
CIRAD-CP

**Travaux en biométrie au  
Cocoa & Coconut Research Institute**

-----

**Mission en Papouasie Nouvelle Guinée  
Du 26 Octobre au 5 Novembre 2000**

**Christian CILAS  
CIRAD-CP**

**Doc CP n° 1315  
Janvier 2001**

**Diffusion Restreinte**

12, square  
Pétrarque  
75116 Paris  
France  
téléphone :  
(1) 45 53 60 25  
télécopie :  
(1) 45 53 68 11  
télex :  
645491 F

EPIC-SIRET



**Travaux en biométrie au  
Cocoa & Coconut Research Institute**

-----

**Mission en Papouasie Nouvelle Guinée  
Du 26 Octobre au 5 Novembre 2000**

**Christian CILAS  
CIRAD-CP**

**Doc CP n° 1315  
Janvier 2001**

**Diffusion Restreinte**

## Sommaire

	Page
Calendrier de la mission	3
<b>1 - Introduction</b>	<b>4</b>
<b>2 - Les filières cacao et cocotier en PNG</b>	<b>4</b>
<b>3 - Appui en biométrie à la station de recherche de Tavilo</b>	<b>5</b>
3.1 - Phytopathologie	6
3.2 - Amélioration génétique	7
<b>4 - Proposition pour une poursuite de collaboration en biométrie</b>	<b>9</b>
<b>5 - Conclusion</b>	<b>9</b>
Annexe 1 : Listing de l'analyse d'un plan factoriel de croisements pour le taux de pourriture	11
Annexe 2 : Listing de l'analyse du test feuille sur clones	18
Annexe 3 : Listing de l'analyse d'un plan factoriel de croisements pour la hauteur de la couronne	21

### **Calendrier de la mission, du 26/10 au 5/11/2000**

- Jeudi 26/10 : Départ de Singapour pour Port Moresby.
- Vendredi 27/10 : Arrivée à Port Moresby puis à Rabaul ;  
Visite au Directeur du CCRI ;  
Visite à Yoël Efron.
- Samedi 28/10 : Discussions avec Georges Blaha. Organisation de la mission.
- Lundi 30/10 : Entretien avec John Konam ;  
Analyse de données.
- Mardi 31/10 : Analyse d'essais en phytopathologie ;  
Préparation d'un projet de publication sur la stabilité de la résistance en champ.
- Mercredi 1/11 : Visite des pépinières et des essais en champs ;  
Séance de travail avec Yoël Efron et Peter Epaina.
- Jeudi 2/11 : Analyse de données avec P. Epaina ;  
Analyse de données avec G. Blaha.
- Vendredi 3/11 : Visite de la section agronomie ;  
Séance de travail en phytopathologie ;  
Préparation du projet de publication sur la stabilité de la résistance en champ (suite).
- Samedi 4/11 : Départ de Rabaul. Déjeuner avec Hubert Dugué (Vice consul de France en Papouasie Nouvelle-Guinée).  
Départ de Port-Moresby.
- Dimanche 5/11 : Arrivée à Paris, puis à Montpellier



## **1 - Introduction**

L'objectif de cette mission était d'apporter un appui en biométrie et en informatique aux chercheurs du CCRI (Cocoa & Coconut Research Institute de Papouasie Nouvelle-Guinée), en particulier à Georges Blaha, chercheur du CIRAD détaché dans cet institut. Il s'agissait d'identifier les problèmes rencontrés par les chercheurs dans les domaines de la conception des expérimentations et de l'analyse des données issues des expérimentations en champs et en laboratoire et d'apporter un appui dans l'analyse des données issues de leurs travaux de recherche. Cette mission, financée par le M.A.E. (Ministère français des affaires étrangères), avait été demandée par G. Blaha par l'intermédiaire de l'ambassade de France en Papouasie Nouvelle Guinée.

Le CCRI travaille dans plusieurs stations expérimentales, dont la station principale de Tavilo, dans l'East New Britain Province, et la station cocotier de Madang sur l'île principale. Seule la station de Tavilo a été visitée lors de cette mission. La station de Tavilo est récente, elle a remplacé les attributions de l'ancienne station de Keravat située à environ 5 km. Cette station couvre différentes disciplines : phytopathologie, entomologie, amélioration génétique, agronomie, technologie et économie. Les recherches conduites concernent principalement le cacaoyer, et dans une moindre mesure le cocotier, la station de Madang étant plus spécialisée dans les recherches sur cocotier.

Durant cette mission des visites de différentes plantations ont été effectuées, parcelles d'essais, plantations industrielles et plantations villageoises. Cette mission a également permis d'identifier les besoins d'appui et de coopération du CCRI et des propositions de coopération avec le CIRAD, notamment dans le domaine de la biométrie seront examinées.

## **2 - Les filières cacao et cocotier en PNG**

La Papouasie Nouvelle Guinée couvre une superficie de 461 691 km<sup>2</sup>, avec une densité de population assez faible : 9,5 habitants au km<sup>2</sup> (population d'environ 4,4 millions d'habitants). Les matières premières exportées constituent l'essentiel des revenus du pays, et à ce titre, les produits agricoles occupent une place importante dans l'économie du pays.



Les cultures d'exportation tel le caféier, le cacaoyer ou le cocotier se sont développées de façon importante au cours des dernières décennies.

Un document sur la filière cacao en PNG a été rédigé par G. Blaha en 1997 à l'occasion de l'étude prospective de cette filière menée au CIRAD, et ce document a été actualisé en 2000. En résumé, la production annuelle est de l'ordre de 40000 tonnes pour une superficie d'environ 92000 ha. Les rendements moyens sont donc un peu inférieurs à 500 kg/ha, en raison de plusieurs contraintes sanitaires et du phénomène de vieillissement prématuré des arbres entraînant une chute de production. Les maladies à *Phytophthora*, qui peuvent réduire les productions de 25 à 50 %, et le "vascular streak die-back" (VSD) sont les principaux aléas sanitaires affectant les cacaoyers.

La filière cocotier représente également un enjeu très important, la PNG étant le sixième pays producteur avec une production d'environ 130 000 tonnes d'équivalent coprah pour une superficie plantée d'environ 260 000 ha. Les principaux problèmes liés à la culture du cocotier sont d'ordre entomologique avec comme principaux ravageurs : *Scapanes* et *Oryctes*. Des améliorations agronomiques et génétiques sont également nécessaires pour accroître la productivité de cette culture et des recherches sur les cultures associées devraient conduire à une meilleure rentabilité des surfaces exploitées.

### **3 - Appui en biométrie à la station de recherche de Tavilo**

Une prise de contact avec les chercheurs et le directeur de la station du CCRI de Tavilo eu lieu au début de cette mission afin d'identifier les besoins en biométrie et d'établir un calendrier d'activités.

Le centre de recherche de Tavilo est actuellement bien équipé en matériel informatique, mais il paraît néanmoins nécessaire que ce centre soit équipé en logiciels statistiques standards. Une formation à quelques logiciels standards de statistique, avec une formation théorique, permettrait une meilleure autonomie des chercheurs dans l'exploitation de leurs données. Certains chercheurs utilisent le logiciel anglais GENSTAT, mais peu de chercheurs sont bien formés à ce logiciel qui demeure plus compliqué d'utilisation que certains logiciels du commerce (Statistica, Systat, etc ... .)



Des appuis spécifiques ont été apportés aux différents chercheurs de la station, et le programme de recherche en phytopathologie a été plus particulièrement examiné.

### 3.1 - Phytopathologie du cacaoyer

Les travaux menés en phytopathologie concernent principalement les maladies à *Phytophthora sp.*. Cet agent pathogène est responsable d'une pourriture des cabosses pouvant détruire jusqu'à la moitié de la production; ce champignon provoque également des chancres au niveau des troncs des arbres et peut être responsable de la dégradation des cacaoyères.

Différentes recherches sont conduites pour lutter contre cette maladie :

- étude épidémiologique (influence de différents facteurs génétiques et environnementaux sur le développement de la maladie, mode de vection du pathogène),
- lutte chimique (essais comparatifs de différents fongicides et de différents modes d'application),
- lutte génétique (sélection de matériel végétal résistant),
- recherche de conduites agronomiques diminuant l'impact de la maladie,

Un plan factoriel de croisements (5 ♀ x 5 ♂) a été analysé. Les 25 croisements sont plantés en parcelles élémentaires de 30 arbres suivant un dispositif en 5 blocs randomisés. Les observations ont été réalisées durant 5 années consécutives. Le facteur année a été pris en facteur principal suivant un dispositif en split-plot factoriel (Annexe 1).

L'analyse du taux de pourriture est réalisée avec le logiciel STATITCF. Ce logiciel, réalisé par l'ITCF (Institut Technique des Céréales et Fourrages, situé en France), est bien adapté aux expérimentations réalisées suivant des dispositifs équilibrés (même nombre de répétitions par traitement). Le listing relatif à cet essai est présenté en annexe 1. Dans cette analyse, seul le facteur 2 (géniteur femelle) induit une différence significative pour le taux de pourriture. Les géniteurs K82 et KA2-106 transmettent à leurs descendances une moindre sensibilité à la maladie. Un article est en cours de rédaction sur cet essai.

D'autres essais menés en phytopathologie du cacaoyer ont été analysés durant cette mission, notamment des évaluations de matériel végétal à partir d'inoculations artificielles sur disques de feuilles (Annexe 2). Il ressort



de cette étude qu'il existe une grande variabilité de comportement du matériel végétal pour sa réaction au test feuille. Ce test est utilisé pour la sélection de matériel moins sensible ; toutefois, la présence d'une interaction « clone \* expérience » indique qu'une normalisation des tests est à rechercher pour assurer une meilleure répétabilité des évaluations.

Une étude sur la dynamique de populations de coléoptères (Nitidulidae) est en cours ; il s'agit principalement de préciser le rôle de ces insectes dans la vocation du pathogène.

En conclusion, les travaux menés en phytopathologie sur cacaoyer présente un grand intérêt pour la cacaoculture papoue. De nombreux essais en champs et en laboratoire sont effectués ; des études épidémiologiques sont également poursuivies dans le souci de comprendre l'influence de différents facteurs environnementaux et génétiques sur le développement de la maladie. L'ensemble de ces travaux génère un grand nombre de données et des appuis en biométrie sont à prévoir pour les prochaines années dans l'objectif de valoriser au mieux les résultats de ces différentes recherches.

### **3.2 - Amélioration génétique du cacaoyer**

Le programme d'amélioration génétique du cacaoyer gère un grand nombre d'essais, dont les essais du programme CFC, programme international visant à étudier le comportement de clones dans plusieurs pays et estimer ainsi les interactions génotypes x environnements.

Un essai multilocal de clones, mis en place en 1995, devrait permettre d'effectuer des recommandations pour les différentes zones cacaocoles de PNG. Des génotypes repérés dans essais d'hybrides ont également été installés dans des essais comparatifs de clones. Pour affiner la sélection d'individus dans les parcelles d'hybrides, il est suggéré d'utiliser la sélection combinée individus/familles sur un index de sélection visant à augmenter la production tout en diminuant la sensibilité du matériel végétal aux différents aléas sanitaires. La biométrie du CIRAD-CP pourrait intervenir pour mettre en oeuvre ces méthodes.

Les interactions porte-greffe x greffons sont étudiées dans un essai installé en 1997. Cet essai pourra permettre de sélectionner les porte-greffes les plus adaptés à la diffusion des clones sélectionnés.



Un essai correspondant à un plan factoriel de croisements a été analysé. L'essai comporte les seedlings dans un bloc et des plans issus de boutures dans 3 autres blocs. Les héritabilités pour la hauteur de la couronne sont de même ordre de grandeur dans les différents blocs (Annexe 3).

Des études sur la pollinisation naturelle sont également entreprises dans le souci de mieux comprendre l'élaboration du rendement chez le cacaoyer. Certains génotypes, ayant une floraison abondante, produisent très peu. Les facteurs de production sont effectivement mal connus chez cet arbre et il est suggéré de compléter l'étude en cours par une évaluation de l'auto-incompatibilité des génotypes étudiés.

#### *Recommandations :*

- Le programme d'amélioration génétique est équipé en matériel informatique : micro-ordinateur pentium et logiciels. Les données issues des essais de sélection devraient être saisies pour des traitements statistiques ultérieurs.

- la sélection de clones à partir des essais de croisements devrait être effectuée sur un index combinant les différents caractères d'intérêt.

Un travail important d'analyse statistique doit prochainement être entrepris pour exploiter les résultats des différents essais en cours. La biométrie du CIRAD/CP pourrait apporter un appui important à ce programme. La constitution des fichiers de données arbre par arbre pourrait être réalisée avec un tableur classique.

Les techniques de régénération des cacaoyères sont également étudiées : recepage, greffage sur les troncs des vieux cacaoyers, greffage sur des gourmands orthotropes, avec des greffons plagiotropes et orthotropes. Ces études devraient permettre de proposer des techniques de régénération des cacaoyères, problème qui se pose dans tous les pays producteurs. La régénération revêt toutefois une importance particulière en PNG, vu les phénomènes de dégradation qui touche les cacaoyers dès l'âge de 6-7 ans (Yield decline). Les conditions environnementales étant très favorables, les arbres croissent rapidement et entrent en production très tôt, souvent dès l'âge de 2 ans. Après une période de forte production (3-7 ans), la



production commence à diminuer fortement. Cette diminution de production est liée aux pressions parasitaires très fortes et/ou au vieillissement précoce des arbres. Il est donc important de disposer de techniques de rejuvenilisation et de régénération pour initier de nouveaux cycles de pleine production.

Il serait intéressant d'identifier les raisons du "Yield decline" suivant une approche pluri-disciplinaire dans la perspective de développer une cacaoculture plus durable en PNG.

#### **4 - Proposition pour une poursuite de collaboration en biométrie**

Cette mission a permis d'apporter un appui ponctuel en biométrie, notamment en ce qui concerne l'analyse statistique de certaines données d'expérimentations. Cependant, il paraît indispensable que les chercheurs du CCRI soient en mesure d'analyser eux mêmes la majeure partie de leurs données. Par ailleurs, certaines expérimentations pourraient être améliorées notamment par une meilleure conception des dispositifs expérimentaux. Dans cet objectif, le biométrie du CIRAD/CP pourrait être consultée avant la mise en place des essais importants. Une formation en biométrie de deux semaines serait éventuellement à prévoir dans le futur. L'affectation d'un CSN biométricien serait également très utile aux recherches conduites au CCRI. Ce poste permettrait d'assurer un suivi rapproché des expérimentations et des analyses statistiques et de compléter la formation des chercheurs en fonction de leurs besoins spécifiques.

#### **5 - Conclusion**

Le CCRI conduit de nombreuses recherches utiles au développement des cultures du cacaoyer et du cocotier, sources de devises importantes pour le pays. L'ensemble des problèmes de ces cultures sont abordés, mais l'analyse des résultats de ces recherches pose quelques problèmes. En effet, aucun biométricien, du CCRI ou d'une autre organisation, n'assure un appui continu auprès des chercheurs du CCRI. La biométrie du CIRAD/CP pourrait fournir un appui ponctuel au CCRI, mais il paraît néanmoins souhaitable que les chercheurs de cet institut reçoivent une formation en biométrie pour être plus autonomes dans l'analyse de leurs données.



L'affectation d'un C.S.N. biométricien durant un an pourrait compléter cette opération de formation.

Les recherches conduites en phytopathologie du cacaoyer, plus particulièrement examinées au cours de cette mission, sont fondamentales pour la cacaoculture de PNG compte tenu des problèmes sanitaires qui affectent cette culture. La lutte intégrée contre les maladies à *Phytophthora*, s'appuyant sur la lutte chimique, l'amélioration des techniques agronomiques et la sélection de matériel végétal résistant, devrait permettre de diminuer l'incidence de ces maladies sur les productions. Ces différents aspects nécessitent une meilleure compréhension de l'épidémiologie, thème de recherche initié par G. Blaha. D'autres maladies à pourriture ont été identifiées : *Botryodiplodia* sur cabosses, *Colletotrichum* sur chérelles ; l'incidence de ces maladies est en cours d'évaluation.

Cette mission s'est déroulée dans de très bonnes conditions grâce à la disponibilité des chercheurs du CCRI. Je tiens à remercier le directeur du CCRI pour l'accueil dans la station de Tavilo, ainsi que G. Blaha pour l'organisation de cette mission et son hospitalité. Enfin, je remercie Monsieur Hubert Dugué pour son accueil à Port Moresby et son écoute concernant les problèmes de coopération en matière de recherches agronomiques.

## ANNEXE 1 :

### Analyses du plan factoriel de croisements 5 ♀ x 5 ♂ pour le taux de pourriture

#### \*\*\*\*\* ANALYSIS OF VARIANCE \*\*\*\*\*

NOMBRE D' OBSERVATIONS : 500    NOMBRE DE VARIABLES : 5

1.femal / 2. male / 3. year / 4.repet / 5.ppr/

DISPOSITIF DE L'ESSAI : SPLIT-PLOT FACTORIEL 1/(2\*3)

Facteur 1 = 5 year

1 = year1 (ye1)    2 = year2 (ye2)    3 = year3 (ye3)    4 = year4 (ye4)    5 = year5 (ye5)

Facteur 2 = 5 female

1 = k82 (k82)    2 = ka2106 (k06)    3 = ka2101 (k01)    4 = k24102 (k02)    5 = k13 (k13)

Facteur 3 = 5 male

1 = kee42 (k42)    2 = kee43 (k43)    3 = kee47 (k47)    4 = kee5 (k5 )    5 = kee52 (k52)

Facteur 4 = 4 BLOCS

1 = BLOC 1 (B1 )    2 = BLOC 2 (B2 )    3 = BLOC 3 (B3 )    4 = BLOC 4 (B4 )

ANALYSE DE LA 1re VARIABLE : prr (pod rot rate)

INDICES DE NORMALITE DES RESIDUS (coefficients de K.PEARSON)

SYMETRIE (valeur idéale théorique = 0) : BETA 1 = 2.85 PROBA = 0.0000

APLATISSEMENT (valeur idéale théorique = 3) : BETA 2 = 13.34 PROBA = 0.0000

*\* Remarque : La normalité des résidus n'est pas tout à fait vérifiée et une transformation de variable pourrait être recherchée pour refaire l'analyse de variance.*



## RESIDUS SUSPECTS (méthode de GRUBBS)

---

1er Résidu suspect : 1412

Observation No 62

facteur 1 = year, niveau 1 = year1 (ye1)

facteur 2 = female, niveau 4 = k24102 (k02)

facteur 3 = male, niveau 1 = kee42 (k42)

facteur 4 = BLOCS, niveau 2 = BLOC 2 (B2)

2eme Résidu suspect : 1513

Observation No 83

facteur 1 = year, niveau 1 = year1 (ye1)

facteur 2 = female, niveau 5 = k13 (k13)

facteur 3 = male, niveau 1 = kee42 (k42)

facteur 4 = BLOCS, niveau 3 = BLOC 3 (B3)

3eme Résidu suspect : 2541

Observation No 193

facteur 1 = year, niveau 2 = year2 (ye2)

facteur 2 = female, niveau 5 = k13 (k13)

facteur 3 = male, niveau 4 = kee5 (k5)

facteur 4 = BLOCS, niveau 1 = BLOC 1 (B1)

4eme Résidu suspect : 4451

Observation No 377

facteur 1 = year, niveau 4 = year4 (ye4)

facteur 2 = female, niveau 4 = k24102 (k02)

facteur 3 = male, niveau 5 = kee52 (k52)

facteur 4 = BLOCS, niveau 1 = BLOC 1 (B1)

5eme Résidu suspect : 5532

Observation No 490

facteur 1 = year, niveau 5 = year5 (ye5)

facteur 2 = female, niveau 5 = k13 (k13)

facteur 3 = male, niveau 3 = kee47 (k47)

facteur 4 = BLOCS, niveau 2 = BLOC 2 (B2)

6eme Résidu suspect : 5541

Observation No 493

facteur 1 = year, niveau 5 = year5 (ye5)

facteur 2 = female, niveau 5 = k13 (k13)

facteur 3 = male, niveau 4 = kee5 (k5)

facteur 4 = BLOCS, niveau 1 = BLOC 1 (B1)

# TABLEAU DES ECARTS-TYPES DES RESIDUS - TEST DE BARTLETT

Ecarts-types Facteur 1 = year

F 1 :	1 (ye1)	2 (ye2)	3 (ye3)	4 (ye4)	5 (ye5)
	6.57	3.98	2.94	4.51	4.74

KHI2 = 65.70 PROBA = 0.0000

Ecarts-types Facteur 2 = female

F 2 :	1 (k82)	2 (k06)	3 (k01)	4 (k02)	5 (k13)
	2.22	2.58	3.08	6.84	6.53

KHI2 = 210.49 PROBA = 0.0000

Ecarts-types Facteur 3 = male

F 3 :	1 (k42)	2 (k43)	3 (k47)	4 (k5)	5 (k52)
	5.65	3.09	5.22	5.03	4.06

KHI2 = 41.26 PROBA = 0.0000

Ecarts-types INTER F1\*2 = year . female

F 1 :	1 (ye1)	2 (ye2)	3 (ye3)	4 (ye4)	5 (ye5)
F 2					
1 (k82)	3.17	1.49	1.84	2.11	2.37
2 (k06)	3.62	2.07	1.83	2.84	2.44
3 (k01)	3.68	2.71	3.23	3.49	2.47
4 (k02)	11.61	4.85	2.95	7.94	3.67
5 (k13)	7.32	6.73	4.38	4.27	9.26

KHI2 = 288.36 PROBA = 0.0000

Ecarts-types INTER F1\*3 = year . male

F 1 :	1 (ye1)	2 (ye2)	3 (ye3)	4 (ye4)	5 (ye5)
F 3					
1 (k42)	11.05	3.64	2.79	3.51	3.29
2 (k43)	4.31	2.29	2.72	3.15	2.95
3 (k47)	6.90	5.03	2.70	3.03	7.25
4 (k5)	5.13	5.54	4.32	4.28	6.14
5 (k52)	3.23	2.86	1.98	7.51	2.65

KHI2 = 183.54 PROBA = 0.0000



Ecart-types INTER F2\*3 = female . male

F 2 :	1 (k82)	2 (k06)	3 (k01)	4 (k02)	5 (k13)
F 3					
1 (k42)	2.13	3.14	2.89	10.28	6.14
2 (k43)	2.31	1.92	2.36	4.78	3.53
3 (k47)	2.89	2.34	3.34	5.59	9.25
4 (k5)	1.74	2.29	4.04	5.18	8.96
5 (k52)	2.11	3.23	2.86	7.54	2.45
KHI2 = 274.71 PROBA = 0.0000					

Ecart-types BLOCS = BLOCS

F 4 :	1 (B1)	2 (B2)	3 (B3)	4 (B4)
	4.68	6.10	3.94	3.68

KHI2 = 39.62 PROBA = 0.0000

- Remarque : L'hypothèse d'égalité des variance intra traitement n'est pas vérifiée par le test de Bartlett. Une transformation de variable pourrait être envisagée.

#### ANALYSIS OF VARIANCE

	S.C.E.	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA E.T.
Tot.S-Bloc	3492.97	19	183.84		
Facteur 1	500.39	4	125.10	1.90	0.1743
VAR.BLOCS	2203.44	3	734.48	11.17	0.0009
ERREUR 1	789.14	12	65.76		
TOTALE	20252.80	499	40.59		
Facteur 2	2649.27	4	662.32	21.80	0.0000
Facteur 3	139.69	4	34.92	1.15	0.3330
INTER F1*2	471.25	16	29.45	0.97	0.4902
INTER F1*3	743.27	16	46.45	1.53	0.0866
INTER F2*3	663.79	16	41.49	1.37	0.1556
INTER F1*2*3	1153.85	64	18.03	0.59	0.9900
TOT.S-BLOC	3492.97	19	183.84	6.05	0.0000
ERREUR 2	10938.71	360	30.39		

\* Remarque : Seuls les effets blocs et femelles ont un effet significatif sur les taux de pourriture observés en champ

**TABEAU DES MOYENNES, MOYENNE GÉNÉRALE = 6.91**

**MOYENNES Facteur 1 = year**

F 1 :	1 (ye1)	2 (ye2)	3 (ye3)	4 (ye4)	5 (ye5)
	8.13	5.59	5.88	7.32	7.65

**MOYENNES Facteur 2 = female**

F 2 :	1 (k82)	2 (k06)	3 (k01)	4 (k02)	5 (k13)
	4.00	5.45	6.18	10.53	8.41

**MOYENNES Facteur 3 = male**

F 3 :	1 (k42)	2 (k43)	3 (k47)	4 (k5)	5 (k52)
	6.64	6.17	6.79	7.71	7.27

**MOYENNES INTER F1\*2 = year . female**

F 1 :	1 (ye1)	2 (ye2)	3 (ye3)	4 (ye4)	5 (ye5)
F 2					
1 (k82)	5.09	3.47	3.65	3.55	4.22
2 (k06)	7.09	3.69	5.19	5.48	5.82
3 (k01)	5.94	5.26	6.29	6.82	6.57
4 (k02)	11.95	7.98	7.91	13.47	11.34
5 (k13)	10.57	7.57	6.34	7.27	10.30

**MOYENNES INTER F1\*3 = year . male**

F 1 :	1 (ye1)	2 (ye2)	3 (ye3)	4 (ye4)	5 (ye5)
F 3					
1 (k42)	11.13	4.73	5.25	5.76	6.29
2 (k43)	8.59	4.78	5.44	5.71	6.34
3 (k47)	6.87	5.38	5.23	6.98	9.48
4 (k5)	8.21	7.05	7.18	7.87	8.22
5 (k52)	5.84	6.02	6.28	10.27	7.92

**MOYENNES INTER F2\*3 = female . male**

F 2 :	1 (k82)	2 (k06)	3 (k01)	4 (k02)	5 (k13)
F 3					
1 (k42)	5.58	6.10	5.46	9.27	6.77
2 (k43)	3.66	4.24	4.93	9.41	8.61
3 (k47)	3.69	3.78	5.60	11.17	9.71
4 (k5)	2.92	5.39	8.54	11.08	10.59
5 (k52)	4.15	7.75	6.35	11.72	6.37

**MOYENNES BLOCS = BLOCS**

F 4 :	1 (B1)	2 (B2)	3 (B3)	4 (B4)
	6.93	10.24	5.92	4.56



## PUISSANCE DE L'ESSAI

Facteur 1 : year

		RISQUE de 1ere ESPECE		
ECARTS		5%	10%	20%
en %	V.Absolue	PUISSANCE A PRIORI		
5.00%	0.35	5%	11%	21%
10.00%	0.69	7%	13%	24%
		PUISSANCE A POSTERIORI		
Moyennes observées		70%	80%	90%

Facteur 2 : female

		RISQUE de 1ere ESPECE		
ECARTS		5%	10%	20%
en %	V.Absolue	PUISSANCE A PRIORI		
5.00%	0.35	6%	12%	22%
10.00%	0.69	9%	16%	29%
		PUISSANCE A POSTERIORI		
Moyennes observées		99%	99%	99%

Facteur 3 : male

		RISQUE de 1ere ESPECE		
ECARTS		5%	10%	20%
en %	V.Absolue	PUISSANCE A PRIORI		
5.00%	0.35	6%	12%	22%
10.00%	0.69	9%	16%	29%
		PUISSANCE A POSTERIORI		
Moyennes observées		35%	64%	78%

INTER F1\*2 : year-female

		RISQUE de 1ere ESPECE		
ECARTS		5%	10%	20%
en %	V.Absolue	PUISSANCE A PRIORI		
5.00%	0.35	5%	10%	20%
10.00%	0.69	5%	10%	21%
		PUISSANCE A POSTERIORI		
Moyennes observées		99%	99%	99%

INTER F1\*3 : year-male

		RISQUE de 1ere ESPECE		
ECARTS		5%	10%	20%
en %	V.Absolue	PUISSANCE A PRIORI		
5.00%	0.35	5%	10%	20%
10.00%	0.69	5%	10%	21%
		PUISSANCE A POSTERIORI		
Moyennes observées		99%	99%	99%

INTER F2*3 : female-male				
RISQUE de 1ere ESPECE				
ECARTS		5%	10%	20%
en %	V.Absolue	PUISSANCE A PRIORI		
5.00%	0.35	5%	10%	20%
10.00%	0.69	5%	10%	21%
PUISSANCE A POSTERIORI				
Moyennes observées		99%	99%	99%

test de NEWMAN-KEULS - seuil = 5%

Facteur 2 : female

NOMBRE DE MOYENNES	2	3	4	5
VALEURS DES PPAS	1.54	1.85	2.03	2.16

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES	HOMOGENES
4	k02	10.53	A	
5	k13	8.41	B	
3	k01	6.18	C	
2	k06	5.45	C D	
1	k82	4.00	D	

*\* Remarque : Les géniteurs K82 et KA2-106 présente les moyennes de taux de pourriture les plus faibles. Les analyses sur les productions font apparaître d'autres effets significatifs. L'analyse du taux de pourriture pourra également être réalisée avec une transformation de variable appropriée.*



## ANNEXE 2 :

### Analyse du test feuille réalisé sur les clones internationaux (CFC)

#### General Linear Models Procedure Class Level Information

Class Levels Values

ESSAY 8 401 402 403 404 405 406 407 408

TRAY 6 1 2 3 4 5 6

LEAF 2 A B

CLONE 54 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35  
36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54

PLANT 18 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Number of observations in data set = 6853

Dependent Variable: S5

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1734	6976.50378321	4.02335858	9.49	0.0001
Error	5118	2168.94550907	0.42378771		
Corrected Total	6852	9145.44929228			

R-Square	C.V.	Root MSE	S5 Mean
0.762839	27.53168	0.65098979	2.36451189

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Essay	7	1458.34752116	208.33536017	491.60	0.0001
Tray(Essay)	40	289.94520443	7.24863011	17.10	0.0001
Clone	53	711.35267509	13.42174859	31.67	0.0001
Plant(Clone)	785	3806.86394731	4.84950821	11.44	0.0001
Leaf(Clone * Plant)	845	683.77311447	0.80919895	1.91	0.0001
Essay * Clone	4	26.22132074	6.55533019	15.47	0.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Essay	7	94.42369349	13.48909907	31.83	0.0001
Tray (Essay)	25	78.14001725	3.12560069	7.38	0.0001
Clone	53	705.96751447	13.32014178	31.43	0.0001
Plant (Clone)	430	1402.86601387	3.26247910	7.70	0.0001
Leaf(Clone * Plant)	845	683.85282830	0.80929329	1.91	0.0001
Essay * Clone	4	26.22132074	6.55533019	15.47	0.0001

Student-Newman-Keuls test for variable: S5

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate under the complete null hypothesis but not under partial null hypotheses.

Alpha= 0.05 df= 5118 MSE= 0.423788

WARNING: Cell sizes are not equal.

Harmonic Mean of cell sizes= 126.8419

Number of Means	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Critical Range	0.160	0.192	0.210	0.223	0.233	0.241	0.248	0.254	0.259	0.263	0.267
Number of Means	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Critical Range	0.271	0.274	0.278	0.280	0.283	0.285	0.288	0.290	0.292	0.294	0.296
Number of Means	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Critical Range	0.297	0.299	0.301	0.302	0.304	0.305	0.307	0.308	0.309	0.310	0.312
Number of Means	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Critical Range	0.313	0.314	0.315	0.316	0.317	0.318	0.319	0.320	0.321	0.322	0.323
Number of Means	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
Critical Range	0.323	0.324	0.325	0.326	0.327	0.327	0.328	0.329	0.329		

Means with the same letter are not significantly different.

SNK Grouping	Mean	N	CLONE
A	3.31250	128	54
A	3.16667	126	1
B	2.90678	118	35
C B	2.87302	126	38
C B D	2.84921	126	29
C B D	2.81250	112	50
C E B D	2.73438	128	3
C E B D	2.71875	128	47
C E B D	2.70635	126	51
C E B D	2.69048	126	30
C E B D	2.68254	126	5
F C E B D	2.67460	126	8
F C E B D	2.67188	128	41
F C E G D	2.61719	128	15
F E G D	2.60156	128	14
F E G D	2.60156	128	11
F E G D	2.59524	126	52
F E G D	2.59375	128	40
F H E G	2.53175	126	27
F H E G I	2.50000	128	46
F H J G I	2.41406	128	18
F H J G I	2.41270	126	7
K H J G I	2.39683	126	6
K H J G I	2.38889	126	28
K H J G I	2.38281	128	42
K H J L I	2.32813	128	48
K H J L IM	2.28906	128	45
K H J L IM	2.28125	128	26



K	J	L	I	M	2.26563	128	43
K	J	L	I	M	2.26190	126	36
K	J	L	I	M	2.24615	130	19
K	N	J	L	M	2.20313	128	23
K	N	J	L	M	2.19531	128	21
K	N	J	L	M	2.18750	128	24
K	N	J	L	M	2.16406	128	22
K	N	J	L	M	2.15873	126	32
K	N	J	L	M	2.15625	128	25
K	N		L	OM	2.12500	128	17
	N		L	OM	2.09524	126	4
	N		L	OM	2.08730	126	9
	N		L	OM	2.08594	128	16
	N		L	OM	2.07813	128	13
	N		L	OM	2.07813	128	44
	N		L	OM	2.07143	126	39
	N		L	OM	2.05556	126	31
	N		L	OM	2.05469	128	49
	N		L	OM	2.04688	128	10
	N			OM	2.00000	125	34
	N			OM	2.00000	126	33
	N			OM	1.99219	128	53
	N			O	1.95313	128	20
	N			O	1.94776	134	37
	P			O	1.86719	128	2
	P				1.71094	128	12

### ANNEXE 3 :

## Analyse génétique de la hauteur de la couronne pour d'un plan factoriel de croisements (semenceaux et greffes)

#### General Linear Models Procedure Class Level Information

Class Levels Values

CROSS 24 13 17 33 41 42 43 44 45 46 47 61 62 63 64 65 66 67 91 92 93 94 95 96 97

TREATMNT 2 Original budded

Number of observations in data set = 1708

Dependent Variable: JHEIGHT

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	47	570044.70106179	12128.61066089	10.90	0.0001
Error	1660	1846398.71580003	1112.28838301		
Corrected Total	1707	2416443.41686183			
	R-Square	C.V.	Root MSE	JHEIGHT Mean	
	0.235902	25.53432	33.35098774	130.61241218	

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
CROSS	23	390220.82586431	16966.12286367	5.25	0.0001
TREAT	1	155208.95434726	155208.95434726	139.54	0.0001
CROSS*TREAT	23	24614.92085022	1070.21395001	0.96	0.5129
Source	DF	Type III SS(Good type)	Mean Square	F Value	Pr > F
CROSS	23	326606.19524217	14200.26935836	12.77	0.0001
TREAT	1	151949.57316268	151949.57316268	136.61	0.0001
CROSS*TREAT	23	24614.92085022	1070.21395001	0.96	0.5129

Remark : Type 1 and Type III give the same results if the design is completely balanced



Student-Newman-Keuls test for variable: JHEIGHT

NOTE: This test controls the type I experimentwise error rate under the complete null hypothesis but not under partial null hypotheses.

Alpha= 0.05 df= 1660 MSE= 1112.288

WARNING: Cell sizes are not equal.

Harmonic Mean of cell sizes= 70.84021

Number of Means	2	3	4	5	6	7	8	9
Critical Range	10.991297	13.14548	14.41097	15.302997	15.988065	16.542264	17.006323	17.404648
Number of Means	10	11	12	13	14	15	16	17
Critical Range	17.752998	18.062124	18.33968	18.591305	18.820966	19.032871	19.228731	19.410947
Number of Means	18	19	20	21	22	23	24	
Critical Range	19.581229	19.740988	19.891404	20.03347	20.168032	20.295813	20.417441	

Means with the same letter are not significantly different.

SNK Grouping	Mean	N	CROSS
A	161.164	73	66
A	159.014	71	65
B A	150.556	63	62
B A C	147.437	71	33
B D C	141.078	64	47
B D C	140.558	77	42
B D C	139.537	67	67
B D C	139.361	61	92
B D C	139.276	76	61
B E D C	135.694	72	44
E D C	132.370	73	43
E D C	131.870	69	13
F E D	127.118	68	63
F E D	127.096	73	93
F E D	126.704	71	97
F E D	126.211	71	46
F E D	126.179	67	17
F E D	123.600	80	96
F E	120.319	69	64
F G	112.569	72	94
F G	112.351	77	95
F G	110.029	68	45
F G	109.885	78	91
G	102.948	77	41

Level of TREATMNT	N	Mean	SD
Original	455	146.584615	40.7123922
budded	1253	124.812450	34.6791884

### Résumé :

Un appui en biométrie a été apporté aux chercheurs du CCRI (Cocoa & Coconut Research Institute) de la station de Tavilo. Cette mission, financée par la M.A.E. (Ministère français des affaires étrangères), a permis une valorisation des données issues de plusieurs recherches menées au CCRI. Une coopération plus active entre le CCRI et le CIRAD/CP dans le domaine de la biométrie et de l'exploitation statistique des essais serait utile.

Des données issues des recherches conduites par les chercheurs du CCRI ont été analysées ; elles concernent principalement des expérimentations réalisées en phytopathologie et sélection du cacaoyer. De nombreuses données restent encore à saisir et à exploiter. Il paraît important de mettre en place un suivi rapproché en biométrie afin de former les chercheurs à l'analyse de leurs données pour une meilleure valorisation des résultats.